

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**



ГРЕБІНЬ ОЛЕКСАНДР ПАВЛОВИЧ

УДК 621.376

**ЗАСОБИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСУ
РЕСТАВРАЦІЇ ТА ВІДНОВЛЕННЯ ФОНОГРАМ**

Спеціальність 05.09.08 – прикладна акустика та звукотехніка

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ – 2021

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі акустичних та мультимедійних електронних систем Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник - кандидат технічних наук, доцент
Швайченко Володимир Борисович
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені
Ігоря Сікорського»
доцент кафедри акустичних та мультимедійних
електронних систем

Офіційні опоненти - доктор технічних наук, професор
Мислович Михайло Володимирович
Інститут електродинаміки Національної академії наук
України, завідувач відділу теоретичної електротехніки
та діагностики електротехнічного обладнання

- кандидат технічних наук, доцент
Мелешко Микола Андрійович
Національний авіаційний університет, професор
кафедри комп'ютерних мультимедійних технологій

Захист відбудеться «11» травня 2021 р. о 14-30 на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.002.19 в Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» за адресою 03056, м. Київ, вул. Політехнічна, 16, корп. 12, ауд. 412.

З дисертацією можна ознайомитись у Науково-технічній бібліотеці ім. Г.І. Денисенка Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» за адресою: 03056, м. Київ-56, просп. Перемоги, 37.

Автореферат розісланий «02» квітня 2021 р.

В.о. вченого секретаря
спеціалізованої вченої ради



Михайло АРТЕМЕНКО

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми.

За роки існування звукозапису на матеріальних носіях з можливістю подальшого відтворення інформації, а це вже більше 140 років, людство накопичило дуже велику кількість інформації. З настанням ери цифрових технологій у звукозапису весь контент, що зберігається на аналогових носіях, потребує достатньо термінового перенесення (копіювання) на сучасні носії. Аналіз існуючих аналогових фонограм показує, що майже всі вони потребують також і реставрації.

Телерадіомовлення, шоу-індустрія та різноманітні мультимедійні додатки висувають нові сучасні вимоги до мультимедійного контенту у цілому і звукових фонограм зокрема.

Крім того, актуальність роботи визначають такі аспекти:

- аналогові фонограми мають специфічні артефакти, що погіршують якість сприйняття інформації, призводять до втрати інформаційної та змістовної складових інформації, тому необхідна реставрація та відновлення фонограм з покращенням якісних показників, що можуть забезпечити сучасні цифрові технології;

- специфічні артефакти фонограм вимагають відповідного підходу для їх визначення, класифікації та видалення залежно від типу носія фонограми, а також можливості автоматизації процесу;

- тривале зберігання аналогових фонограм призводить до втрати своїх первинних властивостей, що погіршує якість інформації, яка записана на них, а це, в свою чергу, визначає необхідність реставрації та покращення якісних показників фонограм;

- в процесі реставрації якість фонограми не завжди можна оцінити за існуючими критеріями, як об'єктивними, так і суб'єктивними, тому існує необхідність визначення нових суб'єктивних критеріїв якості реставрованих фонограм;

- суттєвим недоліком переважної більшості сучасних досліджень, спрямованих на об'єктивізацію оцінювання якості спотворених сигналів, є переважний інтерес до "інтрузивних" показників, тоді як задачі реставрації фонограм вимагають використання або "неінтрузивних", або так званих "параметричних" показників;

Сучасні технології реставрації та відновлення фонограм (РтаВФ) передбачають застосування комп'ютерних технологій і відповідного програмного забезпечення. Для реставрації і відновлення існує багато різноманітних програм, що дозволяють відновлювати архівні фонограми і забезпечувати необхідну якість. Однак, всі ці програмні засоби не дають ідеального результату проведення реставрації, адже всі існуючі фонограми відрізняються наявними специфічними артефактами з різними значеннями їх проявів, що значно утрудняє автоматизацію процесу реставрації.

Питаннями реставрації і відновлення фонограм з копіюванням інформації на більш якісний сучасний, зокрема, цифровий носій починаючи з 80-х років минулого століття займалися такі науковці: Алдошина І. А., Антонов Л., Белласі Д., Бург А., Васегі В., , Верко Б., Волков А.Л., Гарднер В., Гільвер С.Г., Годсілл С., Дінов В.Г., Донохо Д., Девідсон К., Ішуткін Ю.М., Канацца С., Кауппінен И., Ковалевська Н.С., Койфман Р., Кудінов А.А, Олефіренко П.П., Оркаллі А., Павленко А., Продеус А.М., Прядко О.М., Рейнер П., Русинов А.С., Фокін О.О., Фрейлінг-Корк Р., Хайн А., Чижевський А., Жалнін Д., Швайченко В.Б., Ширмер Т. та інші.

Більшість авторів у своїх роботах по реставрації та відновленню фонограм значну увагу приділяли інформації, що записана на носій. Однак, застосування такого підходу до архівних фонограм у якому, в першу чергу, розглядається саме носій фонограми з його типовими артефактами, а потім інформація, що записана на носій, спрощує процес автоматизації окремих етапів реставрації і відновлення.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дисертаційна робота виконана за пріоритетними тематичними напрямками наукових досліджень і науково-технічних розробок на період до 2020 року, а саме «Інтелектуальні інформаційні та інформаційно-аналітичні технології. Інтегровані системи баз даних та знань. Національні інформаційні ресурси» (Додаток до постанови Кабінету Міністрів України № 942 від 7.09. 2011 р , / редакція від 23 серпня 2016 р), напрямками досліджень кафедри акустичних та мультимедійних електронних систем Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського" (КПІ ім. Ігоря Сікорського) щодо реставрації та зберігання інформації різноманітного змісту та підписаної угоди про дуальну форму здобуття вищої освіти між КПІ ім. Ігоря Сікорського та Державним академічним оркестром «РадіоБенд Олександра Фокіна» (договір № Д/0002.01/2200.01/8/2020 від 11.11.2020 р. про співпрацю щодо організації дуальної форми здобуття вищої освіти).

Мета та задачі дослідження. Мета дисертаційної роботи полягає в дослідженні та розробці засобів підвищення ефективності реставраційних і відновлювальних робіт з аналоговими фонограмами для подальшого застосування в різних сферах.

Для досягнення поставленої мети в дисертаційній роботі були поставлені та вирішені такі задачі:

- провести аналіз та удосконалити класифікацію звукових фонограм;
- дослідити критерії оцінювання якості фонограм та удосконалити основні критерії якості фонограм при суб'єктивному й об'єктивному оцінюванні, що можуть бути застосовані в процесі проведення реставраційних і відновлювальних робіт;
- визначити можливості використання інтрузивних і неінтрузивних методів оцінки якості фонограм в процесі реставрації та відновлення й удосконалити інструментальний метод об'єктивного оцінювання якості фонограм, заснований на неінтрузивній моделі з параметричним

моделюванням сигналу фонограми для оцінки впливу артефакту на фонограму;

- провести аналіз формування аналогових фонограм, характерних відповідному носію запису, їх якісних показників та удосконалити класифікацію артефактів, що погіршують якість відтворення інформації після тривалого зберігання на відповідних носіях;

- розробити концептуальну модель реставрації та відновлення фонограм з ушкоджених носіїв;

- дослідити та удосконалити електроакустичний метод виконання реставраційних робіт з аналоговими фонограмами;

- експериментально дослідити об'єктивні параметри фонограм застосовуючи програмні вимірювальні засоби, ввівши критерій якості фонограми – відношення сигнал/артефакт.

Об'єктом дослідження є явище зниження якісних показників аналогового звукового контенту у процесі його тривалого зберігання на різних носіях звукозапису.

Предметом дослідження є сучасні технічні й програмні можливості та засоби відновлення та реставрації звукового контенту.

Методи дослідження.

Проведені дослідження ґрунтуються на теоретичному та практичному аналізі аналогових фонограм, можливостей їх реставрації та відновлення й перенесення на сучасні цифрові носії; проведенні та статистичній обробці результатів дослідження параметрів реставрованих фонограм, дослідженні методів обробки звукових сигналів в процесі реставрації та відновлення.

При розробці засобів підвищення ефективності реставрації та відновлення фонограм й оцінювання їх якості із застосуванням сучасних комп'ютерних засобів застосовувались методи експертних оцінок на основі психоакустики та прикладної метрології.

Для проведення чисельних досліджень за розробленими методиками вирішення практичних задач використано програмні продукти Sound Forge, Adobe Audition, iZotope тощо.

Наукова новизна одержаних результатів:

- доповнено і удосконалено існуючу класифікацію артефактів носіїв звукового контенту, що дало можливість запропонувати новий підхід до реставрації і оцінки якості фонограм;

- удосконалено інструментальний метод об'єктивного оцінювання якості фонограм, заснований на неінтрузивній моделі з параметричним моделюванням сигналу на підставі введеного критерію якості фонограм – відношення артефакт/сигнал, що підвищує точність визначення впливу артефактів на носій і дозволяє покращити якість реставрованої фонограми;

- вперше запропонована концептуальна модель відновлення інформації з ушкоджених носіїв на основі поетапного вилучення артефактів незалежно від типу множини концептів, які визначають артефакти, що забезпечує підвищення ефективності реставраційних робіт з фонограмами;

- удосконалено електроакустичний метод реставрації та відновлення звукових фонограм з урахуванням суб'єктивного контролю фонограм, що забезпечує створення зручних і сприятливих умов для проведення реставраційних робіт, спрощення процедури вибору необхідного обладнання, покращення якісних показників відреставрованої фонограми;

- в результаті експериментальних досліджень аналогових фонограм доведено, що найбільш помітні артефакти фонограми визначені носієм запису, кількістю відтворень, умовами зберігання, початковими умовами запису.

Практичне значення отриманих результатів полягає в наступному:

- методика першочергового визначення артефактів носія перед реставрацією за наведеними в роботі класифікаційними ознаками артефактів спрощує вибір технічного обладнання для відтворення фонограм та засобів оброблення сигналу, прискорює сам процес виконання реставраційних робіт, а також забезпечує умови передбачення остаточних якісних показників реставрованої фонограми;

- проведений аналіз і удосконалена класифікація артефактів фонограм, а також особливостей створення аналогових фонограм створює умови в подальшому застосування автоматизації нетворчих операції у реставрації та відновлення звукових фонограм;

- запропоновані критерії для суб'єктивного оцінювання якості фонограм дозволяють спростити та прискорити процес оперативного оцінювання за рахунок акцентування уваги під час контролю фонограм на критеріях, що стосуються реставраційних робіт;

- виконане концептуальне моделювання процесу відновлення інформації з ушкоджених носіїв забезпечує формування концептів процесу реставрації, критеріїв якості відновлених фонограм і їх залежності від відповідних факторів;

- застосування електроакустичного методу реставрації фонограм та запропонована методика розрахунку електроакустичних параметрів мікрофонів та гучномовців забезпечує покращення суб'єктивного контролю якості фонограм і спрощує вибір електроакустичного обладнання й умов виконання реставраційних робіт, що підвищує ефективність реставраційних робіт;

- запропонована методика попереднього експериментального дослідження параметрів фонограм та артефактів фонограм за допомогою вимірювальних засобів звукових програм, а також визначення критерія відношення артефакт/сигнал за різними ознаками спрощує проведення реставраційних робіт, зменшує час вибору налаштувань програмних модулів і підвищує їх ефективність.

Матеріали дисертаційної роботи, отримані теоретичні та практичні результати впроваджено в навчальному процесі КПІ ім. Ігоря Сікорського при викладанні дисциплін «Прикладна акустика» та «Мережні технології» на кафедрі акустичних та мультимедійних електронних систем (АМЕС) КПІ ім. Ігоря Сікорського.

Отримані результати можуть використовуватись в практиці організацій, які займаються реставрацією та відновленням звукового контенту, та у

навчальному процесі вищих навчальних закладів України, у т.ч. Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», при підготовці спеціалістів за спеціалізаціями «Електронні засоби Інтернету речей та систем відеоспостереження», «Акустичні мультимедійні системи і технології обробки музично-мовної інформації», а також науково-дослідними та дослідно-конструкторськими підрозділами підприємств, що займаються розробкою програмних засобів для оброблення звукових фонограм.

Створено на базі кафедри акустичних та мультимедійних електронних систем навчальне робоче місце реставрації та відновлення фонограм з копіюванням фонограм на сучасні цифрові носії й оцінкою якості відновлених фонограм. (Акт впровадження в навчальний процес додається).

Особистий внесок автора.

Основні результати дисертаційної роботи отримані автором самостійно. Автором обґрунтована доцільність аналізу аналогових фонограм та їх перенесення на сучасні носії із застосуванням комп'ютерних технологій. Подані до захисту теоретичні й практичні результати належать здобувачеві особисто, що відображено в самостійній роботі [19]. В опублікованих роботах, які виконані разом із співавторами, особистий внесок здобувача полягає в визначенні та розробці окремих аспектів [1,5,6,8,10,11], проведенні досліджень і інструментальних вимірювань [2,3,4,14,15,17], обробці та аналізу отриманих результатів [7,9,12,13,16,18,20,21].

Апробація результатів дисертації. Результати наукових досліджень, що ввійшли в дисертацію, доповідалися на 6 конференціях:

- науково-практичній конференції «Мультимедійні технології в освіті та інших сферах діяльності» (м. Київ, Україна, 2013-2020 р.р.);
- міжнародній науково-практичній конференції "Інформаційні технології в культурі, мистецтві, освіті, науці, економіці та праві" (м. Київ, Україна, 2018 р.);
- міжнародній науково-практичній конференції "Інформаційні технології в культурі, мистецтві, освіті, науці, економіці та бізнесі" (м. Київ, Україна, 2019 р.);
- II міжнародній науково-практичній конференції «Мистецтвознавство. Соціальні комунікації. Медіапедагогіка» (м. Київ, Україна, 2019 р.);
- IEEE International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications, Science and Technology (PIC S&T) (Kyiv, Ukraine, 2019);
- міжнародній науково-практичній конференції «Україна у світових глобалізаційних процесах: культура, економіка, суспільство» (м. Київ, Україна, 2020 р.).

Публікації. За результатами досліджень опубліковано 21 наукова праця, у тому числі 1 монографія, 5 статей у наукових фахових виданнях (з них 1 стаття у періодичних наукових виданнях інших держав, які входять до ОЕСР), 15 тез доповідей в збірниках матеріалів конференцій.

Структура та об'єм дисертаційної роботи. Дисертаційна робота складається із вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел із

100 найменувань та 3 додатків. Загальний обсяг роботи становить 177 сторінок, у тому числі 131 сторінка основного тексту, 23 рисунки, 19 таблиць.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність дисертаційного дослідження, сформульовано мету і задачі дослідження, визначено новизну отриманих результатів та їх практичне значення.

Сучасні звукові фонограми повинні забезпечувати, по-перше, високі якісні показники з характеристиками, що придатні для застосування у телерадіомовленні й різноманітних мультимедійних додатках, по-друге, повинні мати можливість порівняно легкого переміщення фонограм на різні носії, легкого та якісного (без втрат у якості) запису-перезапису фонограм.

У **першому розділі** визначені основні класифікаційні ознаки звукових фонограм, зазначена необхідність та задачі реставрації та відновлення фонограм, удосконалена класифікація звукових фонограм та визначені основні критерії оцінювання якості звукових фонограм після реставрації та відновлення.

Найбільш поширеними носіями аналогового звукозапису є магнітна плівка, грамплатівка та фотографічна плівка.

Аналогові фонограми, що зберігаються тривалий час, з часом старіють та втрачають свої первинні властивості як фізико-механічні, так і електроакустичні. Це пов'язано, в першу чергу, з фізичними змінами структури носія внаслідок зовнішнього впливу та хімічних процесів у матеріалі носія. Так платівки можуть деформуватись, запилюватись, в них можуть з'являтися мікротріщини, при відтворенні механічно пошкоджується звукова доріжка, з'являються специфічні спотворення, особливо на високих частотах тощо. Магнітні плівки з часом теж деформуються, висихають, осипається магнітний шар, при зберіганні частково розмагнічуються, виявляється копірефект тощо. Фотографічні фонограми пересихають, стають хрипкими, втрачають свої первинні світлотехнічні параметри тощо.

В процесі багаторазового відтворення аналогових фонограм відбувається пошкодження носія і, відповідно, часткова втрата інформації. А з часом часткова втрата інформації може призвести до втрати змістовної і емоційної складової інформації, зменшується розбірливість мови, маскуються динаміка подання інформації.

Широке розповсюдження цифрових технологій звукозапису, оброблення звуку, поява спеціалізованих цифрових студій, звукових робочих станцій із застосуванням персональних комп'ютерів, поява спеціалізованих програмних засобів тощо створили умови і можливості перенесення аналогових фонограм з будь-якого носія на сучасні цифрові носії з якістю, що відповідає сучасним вимогам до фонограм. При цьому з'явилась можливість виконувати реставраційні та відновлювальні роботи з інформацією та самим носієм фонограм.

Серед основних задач, щодо забезпечення реставрації та відновлення

аналогових фонограм сучасними засобами визначено такі:

- збереження цілісності інформаційної (змістовної) складової фонограм;
- видалення артефактів, визначених носієм аналогової фонограми;
- видалення артефактів фонограм, визначених умовами зберігання фонограм;
- зниження помітності спотворень сигналу;
- покращення якісних показників фонограм для застосування у сучасних мультимедійних додатках, телерадіомовленні тощо;
- покращення якісних показників сприйняття інформації з урахуванням суб'єктивних вимог;
- забезпечення якісних об'єктивних показників для подальшого зберігання на сучасних носіях інформації.

Умовну класифікацію звукових фонограм наведено на рис.1.

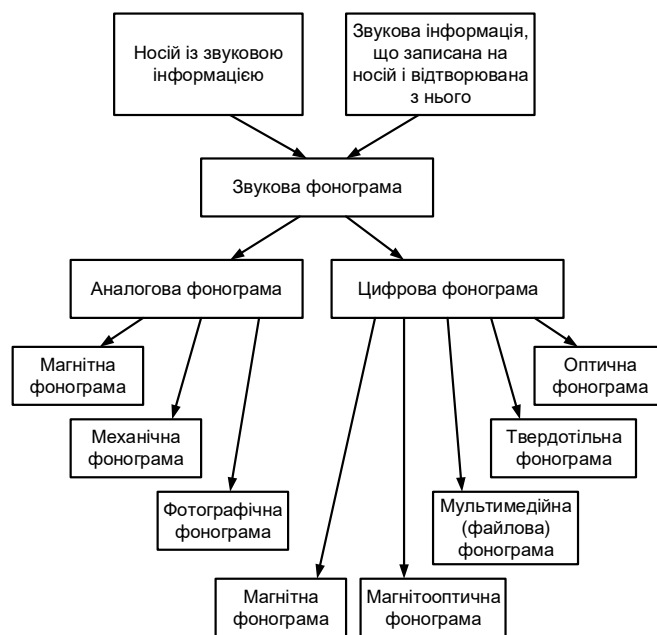


Рисунок 1 – Класифікація звукових фонограм

На рис. 2 наведено класифікацію фонограм після проведення реставраційних та відновлювальних робіт з урахуванням передбачуваних робіт з реставрації та відновлення або після виконання умовного відновлення інформації на носії.

Для оцінювання якості фонограм відомі такі методи оцінювання - метод суб'єктивного оцінювання якості звучання фонограм, метод об'єктивного оцінювання якості звучання, метод об'єктивного оцінювання параметрів сигналу фонограм.

Метод суб'єктивного оцінювання якості звучання враховує як технічні, так і художні показники фонограми. Суб'єктивний контроль проводять в спеціалізованих приміщеннях, в яких передбачені відповідні акустичні умови із застосуванням стандартних гучномовних систем або контрольних агрегатів.

Як основні критерії для суб'єктивного оцінювання якості звучання фонограм в процесі РтаВФ визначено такі:

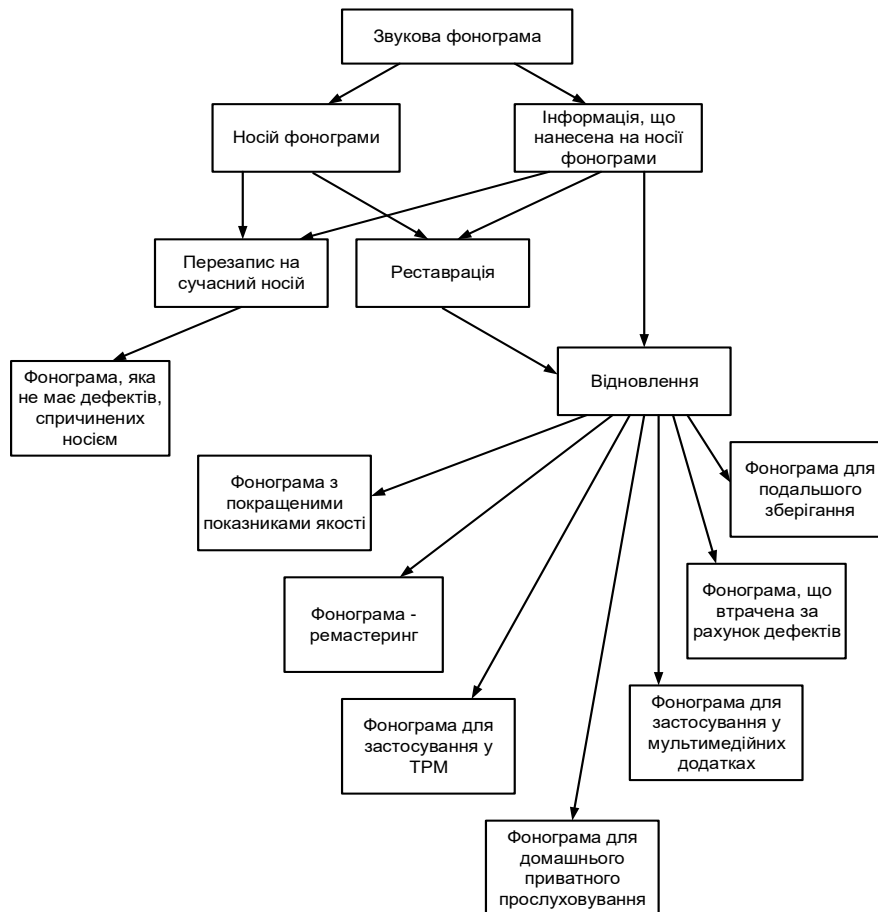


Рисунок 2 - Класифікація фонограм з урахуванням реставраційних та відновлювальних робіт

- просторове сприйняття;
- прозорість та деталізація звучання;
- музичний баланс;
- спектральний (тональний) баланс (тембр, забарвлення звуку);
- завади, помітність завад та вид шумів і завад:
 - структурний шум,
 - імпульсні завади – клацання,
 - взаємні завади фонограми - копірефект, вплив лівого (Л) і правого (П) каналів один на одного;
- обробка фонограми - художню якість обробки;
- динамічний діапазон, рівномірність рівнів;
- помітність спотворень;
- звукорежисерська техніка (техніка реставрації і відновлення звуку);
- стереофонічний ефект, відповідність Л і П каналів;
- загальне сприйняття.

Метод об'єктивного оцінювання звучання передбачає вимірювання об'єктивних параметрів акустичного сигналу при відтворенні фонограми спеціалізованими приладами вимірювання акустичних характеристик.

Метод об'єктивного оцінювання параметрів сигналу фонограм дозволяє оцінити технічні характеристики сигналу при проходженні його трактом

звуківідтворення. Об'єктивними параметрами, за якими оцінюють якість фонограм, є рівень сигналу, частотна характеристика, нелінійні спотворення, співвідношення сигнал/шум, динамічний діапазон, фазові і рівневі співвідношення між каналами стереосигналу, проникання з каналу в канал стереосигналу.

Для об'єктивного оцінювання якості фонограм існують методи, на кшталт PEAQ (Perceptual Evaluation of Audio Quality) методу, що заснований на програмному моделюванні характеристик, властивих сприйняттю людиною звукового сигналу, з подальшою оцінкою відмінностей в звучанні вихідного сигналу системи або тракту проходження звуку в порівнянні з вхідним (тестовим) сигналом. Метод передбачає інтрузивну модель оцінювання якості звукової програми.

РтаВФ передбачає застосування неінтрузивних моделей оцінювання якості звукової програми. В роботі для оцінювання якості звуку в процесі РтаВФ запропоновано застосування моделі артефактного оцінювання якості аудіо (АОЯА) або оцінювання якості аудіо за наявності артефактів, де передбачається першочерговий аналіз і визначення артефактів в звуковому сигналі. Для даної моделі фонограму відтворюють відповідним пристроєм і сигнал подають одночасно на блок шумової моделі і блок психоакустичної моделі (рис. 3).

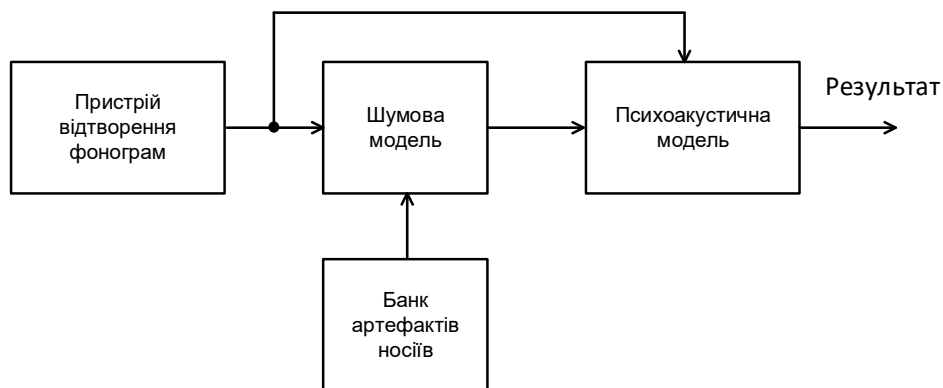


Рисунок 3 - Структура алгоритму АОЯА моделі

Шумова модель порівнює можливі артефакти фонограм з банком артефактів, складений щодо можливих артефактів різних носіїв запису, з урахуванням спектральних, рівневих і часових характеристик. Психоакустична модель, як і в перцептуальній моделі моделює психоакустичні особливості сприйняття людиною звуку і визначає вплив відповідного артефакту на корисний сигнал. Результатом аналізу можуть бути як зазначення наявності певного артефакту, його окремі параметри (рівень, спектр, періодичність в фонограмі), так і кількісна (числова) оцінка.

Принцип моделі АОЯА полягає в програмному моделюванні різних артефактів фонограм з подальшим перетворенням вихідних значень порівняння артефактів з їх впливом на корисний сигнал.

У **другому розділі** роботи визначено особливості та параметри аналогових

фонограм, зокрема механічного, магнітного та фотографічного запису.

Елементами, що впливають на якісні показники будь-якої фонограми і які можуть вносити відповідні артефакти, є:

1) механізм транспортування носія, адже всі аналогові фонограми передбачають переміщення носія відносно зчитувального елемента;

2) принцип запису-зчитування фонограми, що враховує фізико-хімічні властивості в залежності від носія, а це або механічні, або магнітні, або фотографічні властивості;

3) параметри й конструкція перетворювача сигналу – звукознімач механічних фонограм, магнітна головка магнітних фонограм, оптичний блок фотографічних фонограм;

4) сам носій, як елемент зберігання інформації.

Для виконання якісної реставрації та відновлення аналогових фонограм важливим є аналіз особливостей носіїв звукової інформації, якісних параметрів сигналів, записаних на відповідний носій, та спотворень, що вносить відповідний носій, адже результат реставрації в значній мірі залежить від носія.

На основі аналізу характерних особливостей фонограм та наявності відповідних артефактів, що властиві різним видам запису і які формують якісні показники відновлених/реставрованих аудіофрагментів удосконалена класифікація артефактів залежно від носія звукової фонограми, що наведено на рис. 4. В першу чергу визначено артефакти, зумовлені носієм інформації. Специфіка кожного виду носія аналогової фонограми вносить свої характерні спотворення й шуми в записуваний сигнал, кожний носій має свій термін придатності до відтворення.

Як інформація, що записана на носій, може бути розглянута мовна, музична та шумова інформація (рис. 4).

Для кожного виду інформації характерні свої специфічні показники якості, які необхідно враховувати при проведенні реставрації та відновлення фонограми. Так для мови важлива розбірливість, зрозумілість, інтонація виконавця, натуральність тембру голосу тощо. Для музики важливо роздільність, просторовість звучання, цілісність і тембральне забарвлення звукового образу і ін.

У **третьому розділі** розроблена концептуальна модель (КМ) процесу реставрації та відновлення фонограм.

Визначення процесу реставрації та відновлення аналогових фонограм та якості фонограм після реставрації вимагає концептуального підходу до самого процесу реставрації та відновлення і не тільки – враховуючи також процес формування самої фонограми на відповідному носії.

Для побудови концептуальної моделі процесу реставрації та відновлення фонограм описано основні артефакти фонограм, особливість їх появи і вплив на якість фонограми, взаємозв'язок артефактів фонограми між собою і результатами РтаВФ, дослідити інструменти проведення РтаВФ з використанням відповідних апаратно-програмних засобів.

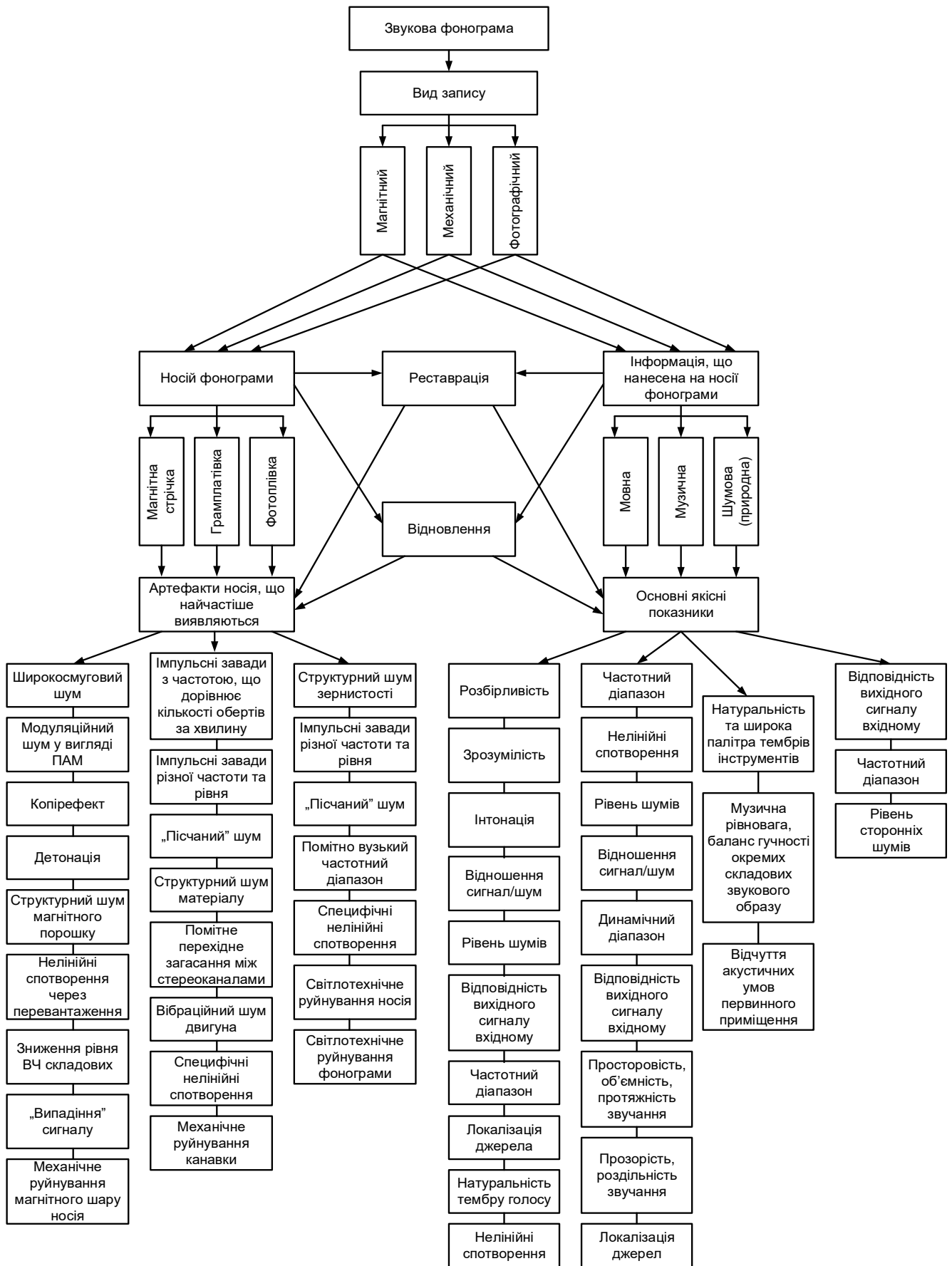


Рисунок 4 - Класифікація артефактів в залежності від носія звукової фонограми, види і якісні показники інформації, записаної на носії

Концептуальна модель враховує динаміку поліпшення або погіршення параметрів фонограм в процесі реставрації, можливість оцінки впливу на якість управління процесом реставрації внутрішніх та зовнішніх відривних факторів процесу, а також можливість оцінки ефективності застосування тих або інших засобів обробки сигналу в процесі реставрації з використанням інформаційних технологій та сучасних засобів РтаВФ.

Разом з тим, концептуальне моделювання вирішує такі практичні задачі: побудову на основі концептуальної моделі сценарію виконання процесу РтаВФ, виявлення ситуаційних помилок процесу та динаміки зміни параметрів фонограм, дослідження можливих інструментальних засобів для підвищення параметрів фонограм і підвищення ефективності процесу РтаВФ.

Елементи в КМ представлені як множина концептів $C = \{C_i\}$. Кожний з концептів характеризують власною змінною X_i , що відображає стан концепту (далі - змінна стану).

Основні артефакти фонограм умовно розподілені на групи незалежно від виду носія, але враховуючи носій, в кожній з яких виділяють певні концепти (табл. 1).

Системний аналіз процесу РтаВФ дозволяє виділити шість підсистем (агентів) в процесі реставрації, що складають мультиагентну системну модель (рис. 5).

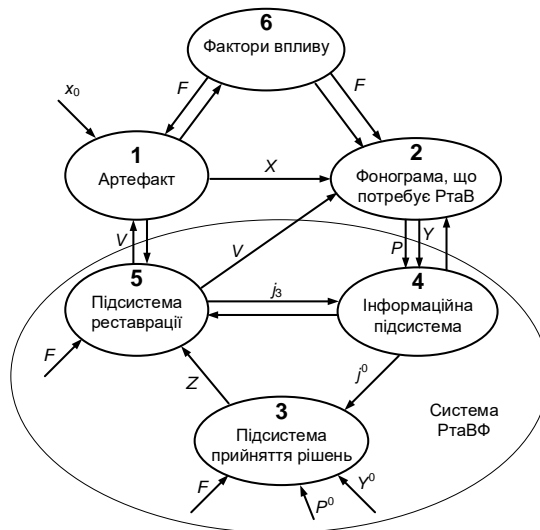


Рисунок 5 - Мультиагентна системна модель процесу РтаВФ

Деталізована КМ процесу ВРФ потребує уточненого обліку наявних артефактів у процесі запису, зберігання та відновлення, та визначених змінних стану.

Структуру модельованої системи РтаВФ, наведено на рис. 6.

Концептуальну модель процесу ВРФ з урахуванням артефактів фонограми та застосування заходів щодо зменшення впливу їх на фонограму наведено на рис. 7. У разі відсутності окремого артефакту або незначного впливу його на якість фонограми і на процес РтаВФ у цілому в КМ можуть бути видалені деякі зв'язки між концептами, що спрощує модель і як результат, зменшує час

виконання реставраційних робіт й підвищує ефективність РтаВФ.

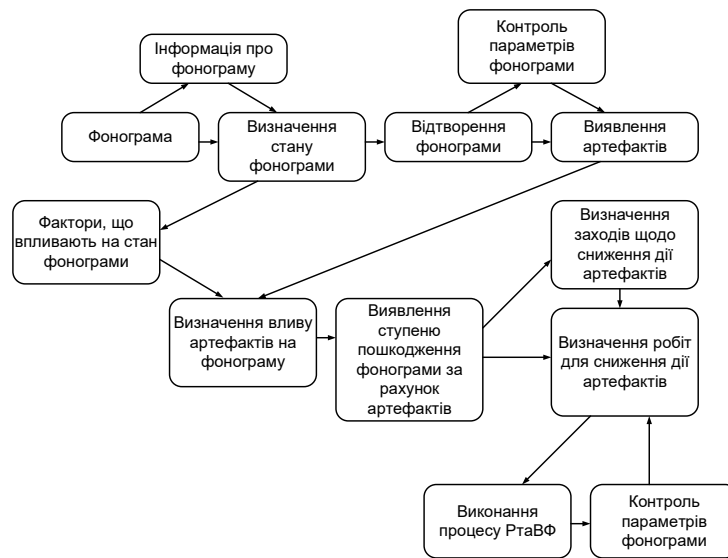


Рисунок 6 - Структура модельованої системи РтаВФ

Таблиця 1 - Характеристики концептуальної моделі (КМ)

1.1 - Артефакти фонограм		
Множина концептів	Змінні компоненти	Характеристики станів об'єкту КМ
$C^I = \{C_i^I\}$	X_i^I	Артефакти, визначені людським чинником (роботою звукорежисерів). <i>I</i> – individual – індивід.
$C^E = \{C_i^E\}$	X_i^E	Артефакти, що визначено умовами, апаратурою та обладнанням запису, зведення, відтворення. <i>E</i> – equipment – обладнання.
$C^{RM} = \{C_i^{RM}\}$	X_i^{RM}	Артефакти, визначені властивостями носія запису. <i>RM</i> – record medium - носій інформації.
$C^S = \{C_i^S\}$	X_i^S	Артефакти, визначені умовами зберігання. де <i>S</i> – storage – зберігання.
1.2 - Визначення алгоритмів КМ: концепт – зв'язки між концептами – управляючі рішення		
Множина концептів	Зв'язки між концептами	Спеціальні управляючі впливи
$C^{ID} = \{C_k^{ID}\}$	V_{ij}	Множина можливих інформаційних показників в КМ. <i>ID</i> - information data.
$C^{IC} = \{C_n^{IC}\}$ де <i>IC</i> – intercommunication	W_{ij}	Множина функцій впливу на зв'язки, що визначають рівень значимості між концептами.
1.3 - Передпроектні дослідження		
Вихідні дані		Методологія
$M = \{C^I, C^E, C^{RM}, C^S, C^{ID}, C^{IC}\}$		Формування КМ з достатньою кількістю концептів
$\{C^I, C^E, C^{RM}, C^S, C^{ID}, C^{IC}\}^1$		Формування переліку концептів виконавцем процесу
$\{C^I, C^E, C^{RM}, C^S, C^{ID}, C^{IC}\}^0$		Формування переліку концептів експертами для контролю кінцевого результату (якості відновленої фонограми)

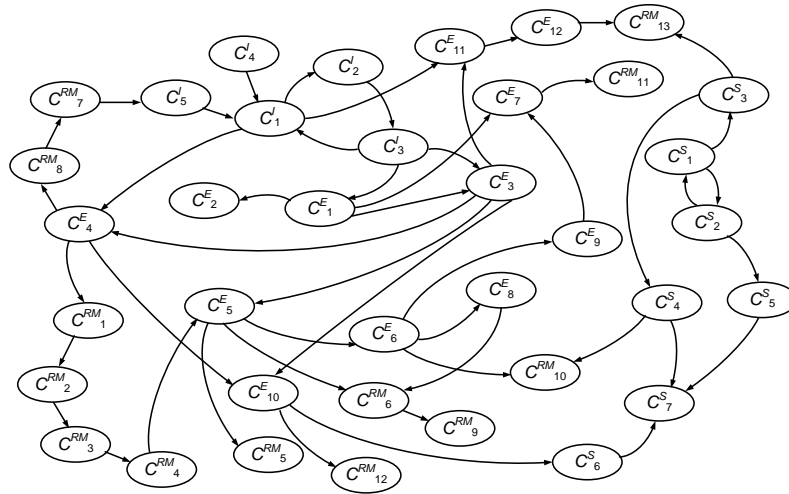


Рисунок 7 - Концептуальна модель процесу РтаВФ

У **четвертому розділі** запропоновано нову організацію апаратно-студійного блоку для реставрації та відновлення аналогових фонограм.

Сучасні способи реставрації аналогових фонограм передбачають електричний тракт формування сигналу фонограми для реставрації, а саме, фонограма відтворюється засобом відтворення, при цьому, сигнал перетворюється у цифровий вигляд і записується на цифровий носій або пам'ять комп'ютера. Після цього з цим сигналом проводять реставраційні та відновлювальні роботи відповідним програмним забезпеченням (ПЗ) і формують остаточну відновлену фонограму у цифровій формі.

В даній роботі для виконання операцій реставрації та відновлення аналогових фонограм запропоновано удосконалення методу акустичного відтворення аналогових фонограм з подальшим записом фонограми на цифрову робочу станцію, тобто, застосовано електроакустичний тракт формування фонограми (рис. 8).

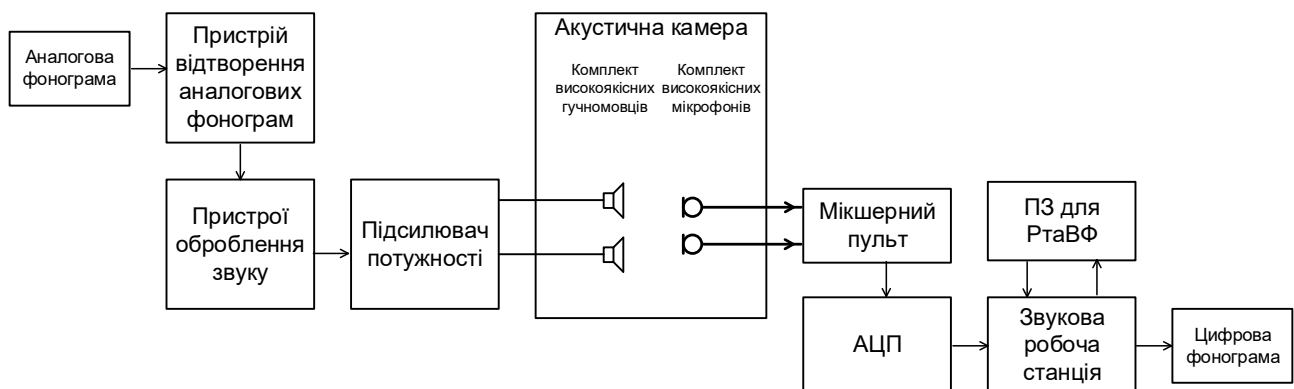


Рисунок 8 – Структура виконання реставраційних робіт із застосуванням електроакустичного тракту формування фонограми

Методика виконання реставраційних та відновлювальних робіт охоплює відтворення аналогової фонограми в спеціалізованій акустичній камері з оптимальними акустичними умовами за допомогою високоякісного

звукотехнічного обладнання, з оптимальними параметрами звуковідтворення і і, за необхідністю, з попереднім обробленням звучання.

Запис сигналу здійснюється за допомогою високоякісних мікрофонів на цифрову звукову робочу станцію, формуючи тим самим цифрову фонограму. Цю цифрову фонограму спеціалізованим ПЗ піддають додатковій обробці і остаточно формують кінцевий варіант відреставрованої фонограми.

Контроль звукових сигналів здійснюють суб'єктивно експертами та звукорежисером-реставратором безпосередньо в акустичній камері. Паралельно з суб'єктивним контролем здійснюється і об'єктивний контроль параметрів аналогової фонограми за допомогою спектроаналізатора, вимірювача рівня тощо.

Для проведення реставраційних робіт із застосуванням наведеного електроакустичного методу виконано моделювання розрахунків електроакустичних процесів (рис. 9) та формування вимог до необхідних технічних характеристик сучасних засобів відтворення фонограм - гучномовців та мікрофонів.

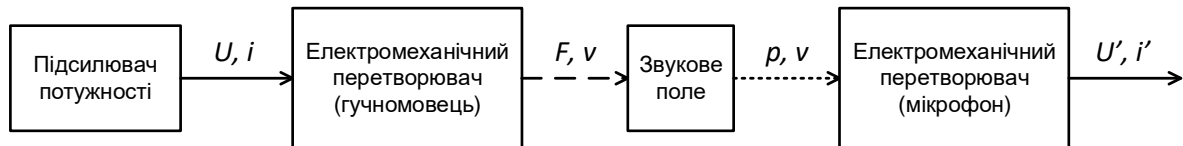


Рисунок 9 – Моделювання електроакустичних процесів в структурі спеціалізованої акустичної камери

У п'ятому розділі наведено результати експериментального дослідження параметрів аналогових фонограм на різних носіях за допомогою вимірювальних модулів, встановлених у програмний засіб.

В процесі проведення експериментального дослідження запропоновано коефіцієнт, що визначає співвідношення сигнал/артефакт, який визначає в даній роботі ефективність виконання реставраційних робіт

$$K_{C/A} = \frac{A_C}{A_A}, \quad (1)$$

де A_C – значення параметру сигналу, A_A – значення параметру артефакту. Як параметр сигналу може бути рівень сигналу, нерівномірність АЧХ, коефіцієнт спотворень, частотний діапазон або будь-який інший параметр, що характерний для сигналу і який може бути змінений за рахунок наявності відповідного артефакту.

В роботі, як приклад застосування співвідношення сигнал/артефакт запропоновано рівень звукового сигналу і рівень завад, характерних для відповідного носія фонограми

$$K_{C/A} = N_{\text{сигн}} - N_{\text{арт}}, \text{ дБ}, \quad (2)$$

де $N_{\text{сигн}}$ – значення рівня сигналу фонограми, $N_{\text{арт}}$ – значення рівня завад фонограми.

Дослідженню піддані параметри фонограм одного музичного фрагменту, розміщених на компакт-диску (КД), грамплатівці (ГП), магнітній плівці у

бобині (МП (б)) та магнітній плівці у касеті (МП (к)).

В результаті дослідження за допомогою ПЗ Sound Forge та Adobe Audition визначаються такі параметри: рівень шуму носія; спектр (АЧХ) шуму носія; середній рівень звукового фрагменту; спектр (АЧХ) звукового фрагменту; гістограма шуму носія; гістограма звукового фрагменту.

В табл. 2 наведено приклади аналізу параметрів сигналів для різних фонограм за рівнем і частотою та можливі $K_{C/A}$ за рівнем для фрагментів фонограми до та після проведення найпростіших операцій РтаВФ з параметрами «за замовчуванням», враховуючи артефакти відповідних носіїв.

В роботі наведено скріншоти головних вікон ПЗ Sound Forge та Adobe Audition з вимірювальними засобами. Приклади наведено на рис. 10 - 14.

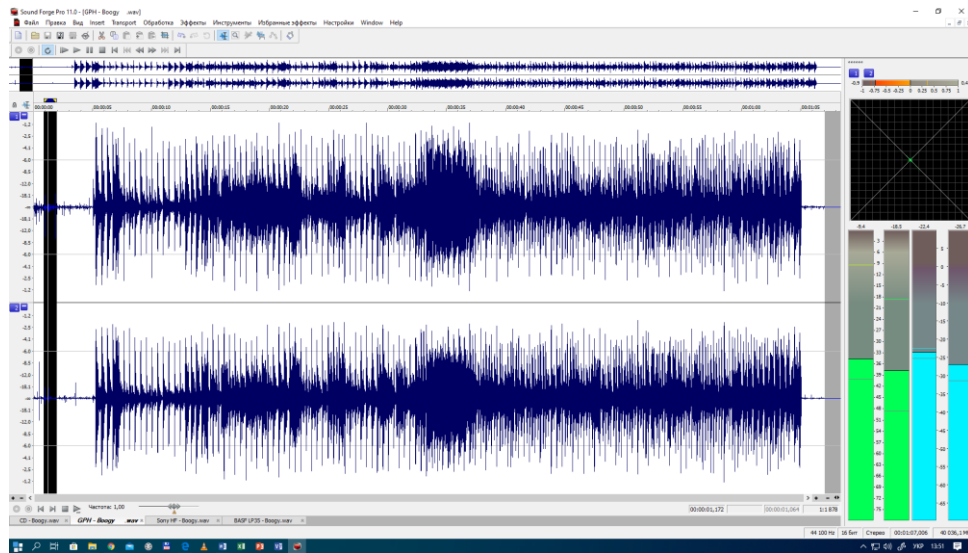


Рисунок 10 – Зображення головного вікна програми Sound Forge з формою досліджуваної сигналограми на грамплатівці та рівнем сигналу завад, що відображається вбудованим індикатором рівня

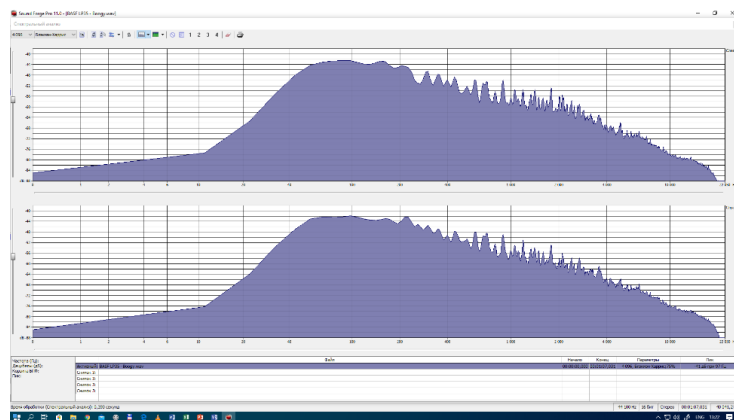


Рисунок 11 – Зображення вікна модуля спектроаналізатора програми Sound Forge для фонограми на компакт-диску

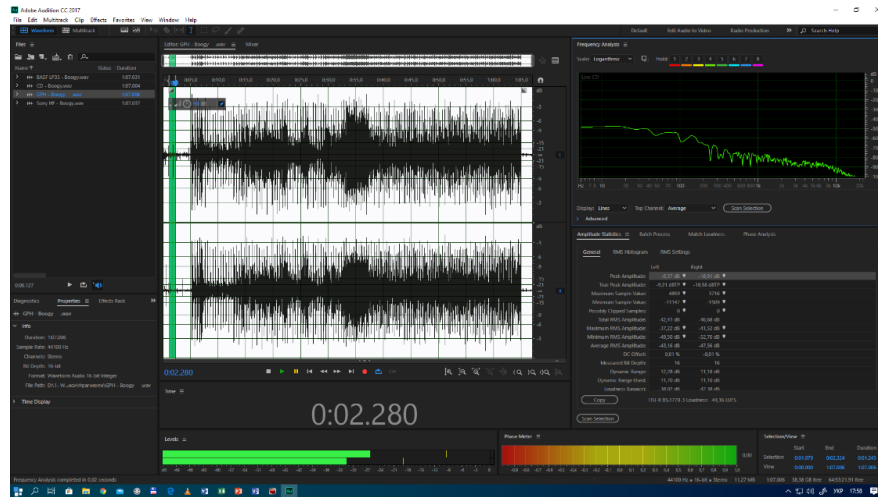
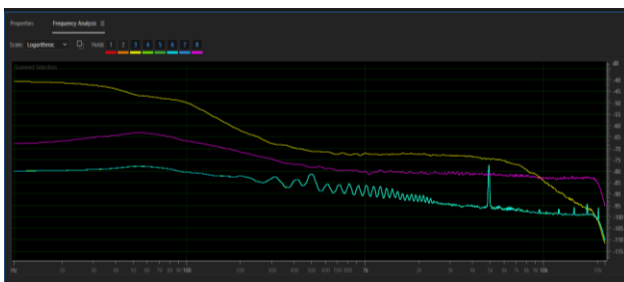
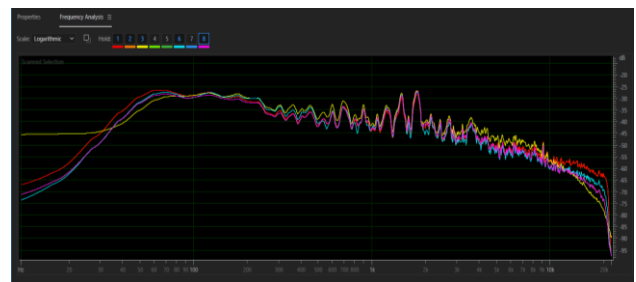


Рисунок 12 – Зображення головного вікна програми Adobe Audition з формою досліджуваної сигналограми на грамплатівці та параметрами сигналу, що відображається вбудованими вимірjuвальними засобами

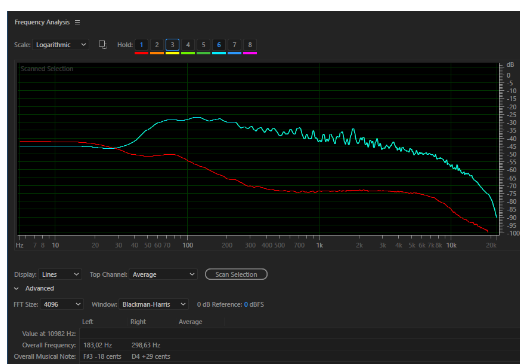


а

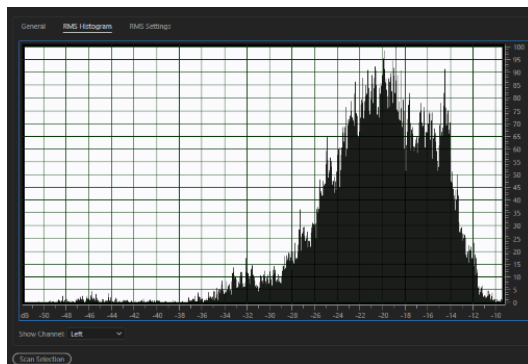


б

Рисунок 13 – Зображення модуля спектроаналізатора програми Adobe Audition з формою АЧХ заводів, створюваних різними носіями (а) та з формою АЧХ сигналу (б) (червоний колір графіка – завада й сигнал на компакт-диску, жовтий колір графіка – завади й сигнал з грамплатівки, блакитний колір графіка – магнітна плівка у бобіні BASF, фіолетовий колір – плівка у касеті Sony)



а



б

Рисунок 14 – Зображення модуля спектроаналізатора програми Adobe Audition з формою АЧХ сигналу (блакитний) та завади (червоний) грамплатівки, а також гістограма рівнів сигналу на грамплатівці

Таблиця 2

Тип фонограми	КД	ГП	МП (б)	МП (к)
Середній рівень артефактів в паузі до РтаВФ, дБ	<-78	-36	-55	-46
Середній рівень сигналу (фрагмент) до РтаВФ, дБ	-5	-3	-6	-6
Відношення сигнал/артефакти за рівнем $K_{C/A}$, дБ	<73	33	49	40
Середній рівень артефактів в паузі після застосування модуля DeClicker, дБ	-	-45	-	-
Середній рівень сигналу (фрагмент) після застосування модуля DeClicker, дБ	-	-5	-	-
Середній рівень артефактів в паузі після застосування модуля DeNoiser, дБ	-	-	-67	-60
Середній рівень сигналу (фрагмент) після застосування модуля DeNoiser, дБ	-	-	-8	-9
Відношення сигнал/артефакти за рівнем $K_{C/A}$, дБ	-	40	59	51
Нерівномірність АЧХ в діапазоні 400Гц-4 кГц	12	15	18	15
Відношення сигнал/артефакти за нерівномірністю АЧХ $K_{C/A}$, дБ	12	15	18	15
Нерівномірність АЧХ в діапазоні 400Гц-4 кГц після застосування модуля Parametric Equalizer, дБ	9	10	12	11
Відношення сигнал/артефакти за нерівномірністю АЧХ $K_{C/A}$, дБ	9	10	12	11

Аналіз рядків таблиці з четвирого по дев'ятий показує, що $K_{C/A}$ до виконання РтаВФ та після за рівнем, збільшення $K_{C/A}$ як, наприклад, для ГП з 33 дБ до 40 дБ і зменшення $K_{C/A}$ за нерівномірністю АЧХ з 15 дБ до 10 дБ, підтверджує підвищення ефективності.

ВИСНОВКИ

В дисертаційній роботі вирішена актуальна науково-прикладна задача забезпечення підвищення ефективності реставраційних і відновлювальних робіт з аналоговими фонограмами.

Основні результати дисертаційної роботи полягають у наступному.

1. На підставі аналізу аналогових фонограм на різних носіях, що потребують реставрації та відновлення в роботі запропоновано удосконалену класифікацію звукових фонограм у цілому та за ознакою інформаційної складової фонограми. Запропонована класифікація фонограм і аналізу цілей використання реставрованої фонограми зменшує час виконання реставраційних і відновлювальних робіт з фонограмами і тим самим підвищити ефективність робіт внаслідок обмеження застосовуваних засобів відтворення фонограм, а також складання карти необхідних налаштувань для оброблення сигналів в процесі реставрації.

2. На підставі аналізу критеріїв якості звукових фонограм визначені додаткові критерії оцінювання якості звукових фонограм з урахуванням реставраційних та відновлювальних робіт. Для оцінювання якості фонограм доцільно застосувати такі методи оцінювання - метод суб'єктивного оцінювання якості звучання фонограм, метод об'єктивного оцінювання якості звучання, метод об'єктивного оцінювання параметрів сигналу фонограм.

3. Запропонована нова модель об'єктивного оцінювання якості фонограм

для використання в РтаВФ з аналоговими фонограмами на різних носіях, заснована на неінтрузивній моделі з параметричним моделюванням сигналу фонограми для оцінювання впливу артефакту на фонограму, дозволяє істотно скоротити часові і технічні ресурси, необхідні для проведення РтаВФ.

4. На підставі визначених в роботі особливостей аналогових фонограм, наведених узагальнених технічних параметрів фонограм, аналізу факторів, що впливають на якісні показники фонограми і на подальшу РтаВФ, визначені основні артефакти, що характерні для відповідної фонограми й запропонована удосконалена класифікація артефактів фонограм залежно від носія і інформації. Завдяки запропонованому ранжуванню класифікаційних ознак артефактів аналогових фонограм можна скоротити час виконання реставраційних і відновлювальних робіт з фонограмами і тим самим підвищити ефективність робіт внаслідок виключення перебору відомих методів реставрації і плагінів для реставрації безпосереднім застосуванням прийнятного для даного типу носія і особливостям інформаційної складової фонограми, необхідних ПЗ.

5. Вперше запропоновано концептуальну модель процесу РтаВФ, що є підставою визначення методів і засобів для подальшої автоматизації процесу реставрації. Структура концептуальної моделі РтаВФ забезпечує можливість поетапного вилучення артефактів незалежно від типу множини концептів, що визначають артефакти, зумовлені технологією звукозапису й, тим самим, забезпечує підвищення ефективності реставраційних робіт з фонограмами.

6. Удосконалено електроакустичний метод виконання реставраційних робіт з розрахунками акустичних умов приміщення – спеціалізованої акустичної камери для виконання реставраційних робіт і для суб'єктивного контролю якості фонограм, а також електроакустичних параметрів застосовуваних мікрофонів та гучномовців, що забезпечує підвищення якості відновленої фонограми. Завдяки використанню спеціалізованої акустичної камери і відповідної технології проведення РтаВФ з суб'єктивним контролем фонограм забезпечено створення зручних і сприятливих умов для проведення реставраційних робіт, спрощення процедури вибору необхідного обладнання, що, в свою чергу, покращує якісні показники відреставрованої фонограми і створює передумови підвищення ефективності реставраційних робіт з фонограмами.

7. Запропоновано критерій відношення артефакт/сигнал ($K_{C/A}$), що забезпечує спрощення налаштування програмних засобів для реставрації та покращити якість фонограми після реставрації і, відповідно ефективність реставрації. Експериментально проведені дослідження технічних параметрів фонограм на різних носіях таких як, рівні сигналу, рівні артефактів, частотні діапазони інформаційних сигналів та шумів, гістограми вірогідності появи сигналів з відповідними рівнями, із застосуванням програмних вимірювальних засобів, що вбудовані в ПЗ Sound Forge та Adobe Audition. Збільшення $K_{C/A}$ за рівнем на 7 дБ і зменшення $K_{C/A}$ за нерівномірністю АЧХ на 5 дБ свідчить про підвищення ефективності виконання реставраційних робіт.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Монографія

1. Гребінь О. П., Прядко О. М. Еволюція технологій створення фонограм в кінематографі: від Т. А. Едісона до О. Ф. Шоріна. Аудіовізуальне мистецтво і виробництво: досвід, проблеми та перспективи: Колективна монографія. Київ : Видав. центр КНУКіМ, Т. 9. 2021. – С. : 61-96. *(Здобувачем визначені основні етапи створення фонограм в кінематографі та визначені якісні показники фонограм).*

Публікації у фахових виданнях

2. Гребінь О.П. Особенности восстановления аудиофрагментов носителей механической записи / Гребінь О.П., Левенец Н.Ф., Швайченко В.Б., Шарагда О. // Журнал «Наукові записки Українського науково-дослідного інституту зв'язку», № 4(32), 2014. – С.: 62-67. *(Здобувачем проведено дослідження артефактів носія механічного запису та їх вплив на якість фонограм).*

3. Гребінь О.П. Особенности реставрации и восстановления аудиосигналов, обусловленные спецификой носителя магнитной записи / Гребінь О.П., Левенец Н.Ф., Швайченко В.Б., Пробитый Д. М. // Журнал «Наукові записки Українського науково-дослідного інституту зв'язку», № 2 (36), 2015. – С. 38-43. *(Здобувачем проведено дослідження артефактів носія магнітного запису та їх вплив на якість фонограм).*

4. Бакіко В.М. Визначення впливу імпедансу мережі змінного струму на ефективність фільтрації завад звукотехнічних систем / В.М. Бакіко, О.П. Гребінь, В.Б. Швайченко // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». Збірник наукових праць. Серія: Техніка та електрофізика високих напруг. – Х : НТУ «ХПІ». — №14 (1290). 2018. – С. 3-6. *(Здобувачем досліджено завади звукотехнічних систем, визначені мережею змінного струму та необхідний рівень фільтрації).*

5. Гребінь О.П. Модель процесу відновлення інформації з ушкоджених носіїв / Гребінь О.П., Левенец Н.Ф., Швайченко В.Б. // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. Збірник наукових праць. Серія: Мехатронні системи. Енергоефективність та ресурсозбереження. – К: КНУТД №2 (120), 2018.- С.26-37.*(Здобувачем визначені основні концепти PтаВФ та розроблено концептуальну модель процесу PтаВФ).*

6. Grebin, A., Levenets, N., Shvaichenko, V. Methods of quality control of phonograms during restoration and recovery. Journal “ScienceRise”, Tallin, Estonia, №1, 2021. – P. 22-32. *(Здобувачем проаналізовані існуючі методи контролю якості фонограм та розроблено модель контролю якості фонограм).*

Матеріали конференцій

7. Применение мультимедийных технологий для измерения времени реверберации помещения. / О.П. Гребінь, Левенец Н.Ф. Науково-практична конференція «Мультимедійні технології в освіті та інших сферах діяльності» : Тези доповідей. - К.: НАУ, 2013. Дата проведення: 20-21.11.2013 *(Здобувачем запропоновано методу та експериментально проведено вимірювання часу реверберації із застосуванням звукових редакторів).*

8. Застосування мультимедійних технологій у реставрації та відновленні звукових фонограм. / О.П. Гребінь, Левенець Н.Ф. Науково-практична конференція «Мультимедійні технології в освіті та інших сферах діяльності» : Тези доповідей. - К.: НАУ, 2014. Дата проведення: 12-13.11.2014. *(Здобувачем зазначені особливості застосування мультимедійних технологій у реставраційних роботах з аналоговими фонограмами).*

9. Мультимедійні технології та програмні засоби для реставрації та відновлення звукових фонограм. / О.П. Гребінь, Левенець Н.Ф. Науково-практична конференція «Мультимедійні технології в освіті та інших сферах діяльності» : Тези доповідей. - К.: НАУ, 2015. Дата проведення: 11.11.2015. *(Здобувачем проведено експериментальне дослідження виконання РтаВФ із застосуванням відповідних програмних засобів).*

10. Забезпечення акустичних умов у мультимедійних комплексах. / О.П. Гребінь, Левенець Н.Ф. Науково-практична конференція «Мультимедійні технології в освіті та інших сферах діяльності» : Тези доповідей. - К.: НАУ, 2016. Дата проведення: 08-10.11.2016. *(Здобувачем визначені оптимальні акустичні умови для створення звукових програм в мультимедійних комплексах).*

11. Критерії якості звукових фонограм після реставрації та відновлення для застосування у мультимедійних додатках. / О.П. Гребінь, Левенець Н.Ф. Науково-практична конференція «Мультимедійні технології в освіті та інших сферах діяльності» : Тези доповідей. - К.: НАУ, 2017. Дата проведення: 16.11.2017. *(Здобувачем запропоновані критерії якості звукових фонограм в процесі виконання та після реставрації та відновлення фонограм).*

12. Гребінь О.П., Левенець Н.Ф. Застосування мультимедійних технологій у виробництві програм телерадіомовлення. Науково-практична конференція «Мультимедійні технології в освіті та інших сферах діяльності» : Тези доповідей.- К.: НАУ, 2016. Дата проведення: 08-10.11.2016. *(Здобувачем проаналізовано методики виробництва програм телерадіомовлення та визначена сучасна й перспективна технологія).*

13. Гребінь О.П., Левенець Н.Ф. Архівування звукових фонограм після реставрації та відновлення // Тези доповідей науково-практичної конференції «Мультимедійні технології в освіті та інших сферах діяльності». Київ, НАУ. Дата проведення: 14-15 11.2018. *(Здобувачем проаналізовано можливості архівування реставрованих звукових фонограм для подальшого зберігання на сучасних носіях).*

14. Гребінь О.П., Левенець Н.Ф. Сучасні інформаційні технології створення аудіовізуальної продукції // Тези доповідей Міжнародної науково-практичної конференції "Інформаційні технології в культурі, мистецтві, освіті, науці, економіці та праві". Національний університет культури і мистецтв. Київ : Видав. центр КНУКіМ, 2018. Дата проведення: 19.04.2018. *(Здобувачем проаналізовано можливості побудови автоматизованих робочих місць для створення аудіовізуальної продукції).*

15. Гребінь О.П., Левенець Н.Ф. Застосування інформаційних технологій

для контролю параметрів звукових сигналів при створенні аудіовізуальної продукції // Міжнародна науково-практична конференція "Інформаційні технології в культурі, мистецтві, освіті, науці, економіці та бізнесі": матеріали конференції. Київський національний ун-т культури і мистецтв (КНУКіМ). – С.236–238. Дата проведення: 18-19.04.2019. *(Здобувачем експериментально досліджено програмні засоби для об'єктивного контролю параметрів звукових сигналів).*

16. Гребінь О.П., Левенець Н.Ф. Технічні параметри та умови, що визначають якість звуковідтворення. Матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції «Мистецтвознавство. Соціальні комунікації. Медіапедагогіка», м. Київ / Упоряд. О. В. Безручко, С. В. Желєзняк. Київ : Видав. центр КНУКіМ, 2019. Ч. I. – С. 127-132. Дата проведення: 21.10.2019. *(Здобувачем проаналізовані технічні параметри, що визначають якість звуковідтворення та удосконалено умови моніторингу параметрів).*

17. A. Prodeus, I. Kotvytskyi, A. Grebin, "Using Kurtosis for Objective Assessment of the Musical Signals Clipping Degree," Proc. 2019 IEEE International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications, Science and Technology (PIC S&T), October 2019, Kyiv, Ukraine. *(Здобувачем практично досліджено вплив кліпування сигналу на якість сприйняття сигналу).*

18. Гребінь О.П., Левенець Н. Ф. «Особливості архівування звукових фонограм для застосування у мультимедійних додатках». Науково-практична конференція з міжнародною участю «Мультимедійні технології в освіті та інших сферах діяльності». Київ: НАУ, 2020. – С. 24. Дата проведення: 14-15 листопада 2019 р. *(Здобувачем проаналізовано особливості архівування звукових фонограм для передавання звукового контенту в мультимедійних мережах).*

19. Гребінь О.П. «Творчо-технологічні аспекти реставрації та відновлення аналогових фонограм». Міжнародна науково-практична конференція «Україна у світових глобалізаційних процесах: культура, економіка, суспільство» .Ч. I. Друк матеріалів конференції. Київ: Вид. центр КНУКіМ, 2020. – С. 139-142. Дата проведення: 26 .03.2020.

20. Гребінь О.П. Візуалізація інформації при викладанні технічних дисциплін за напрямом підготовки «Аудіовізуальне мистецтво та виробництво», спеціальність «Звукорежисура» // Міжнародна науково-практична конференції "Інформаційні технології в культурі, мистецтві, освіті, науці, економіці та праві"– С. 270-272. Київ : Видав. центр КНУКіМ, 2018. Дата проведення: 19-20 квітня 2018 р.

21. Гребінь О.П., Прядко О.М. «Звукотехнічні тракти в індивідуальних мультимедійних системах». Всеукраїнська науково-практична конференція з міжнародною участю «Мультимедійні технології в освіті та інших сферах діяльності». kmmt.nau.edu.ua/xi - всеукраїнська-науково-практична он-лайн конференція / м. Київ, НАУ. Дата проведення: 12.11.2020.*(Здобувачем досліджено технічні параметри електроакустичних пристроїв та вплив параметрів на якість звуковідтворення).*

АНОТАЦІЯ

Гребінь О.П. Засоби підвищення ефективності процесу реставрації та відновлення фонограм. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.09.08 - прикладна акустика та звукотехніка. – Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», МОН України, Київ, 2021.

Дисертаційна робота присвячена підвищенню ефективності реставрації та відновлення аналогових фонограм, записаних на магнітному, механічному та фотографічному носіях. В роботі проведено аналіз фонограм, зазначені особливості створення аналогових фонограм на відповідному носії, проведено аналіз артефактів аналогових фонограм, що виникають внаслідок зберігання, багаторазового відтворення і специфічних особливостей носіїв й запропоновані засоби підвищення ефективності процесу реставрації та відновлення фонограм для подальшого зберігання та відтворення в різних сферах застосування.

В роботі удосконалена класифікація артефактів аналогових фонограм, удосконалені критерії оцінювання якості фонограм після реставрації та відновлення, удосконалено інструментальний метод об'єктивного оцінювання якості фонограм, введено критерій якості фонограм – відношення артефакт/сигнал, запропонована концептуальна модель процесу реставрації та відновлення фонограм, удосконалено електроакустичний метод реставрації фонограм, проведені експериментальні дослідження параметрів аналогових фонограм, що перетворені у цифровий вигляд та занесені у комп'ютерне середовище, що в цілому підвищує ефективність процесу реставрації та відновлення аналогових фонограм.

Ключові слова: аналогова, артефакт, відновлення, електроакустичний, звук, критерій якості, магнітний, механічний, носій запису, реставрація, фонограма, фотографічний, цифровий.

АННОТАЦИЯ

Гребень А.П. Средства повышения эффективности процесса реставрации и восстановления фонограмм. - На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.08 - прикладная акустика и звукотехника. - Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского», МОН Украины, Киев, 2021.

Диссертация посвящена повышению эффективности процесса реставрации и восстановления аналоговых фонограмм, записанных на магнитном, механическом и фотографическом носителях, анализу артефактов аналоговых фонограмм, которые проявляются в процессе хранения, многократного воспроизведения и за счет специфических особенностей носителей, а также исследованию и разработке средств повышения эффективности процесса реставрации и восстановления фонограмм для дальнейшего хранения и воспроизведения в различных сферах применения.

Актуальность работы определяется, в первую очередь, наличием большого количества аналоговых фонограмм, записанных на грампластинках, магнитной ленте, на фотопленке, как звуковое сопровождение фильмов, качественные показатели которых не удовлетворяют требования современности. Эти фонограммы в процессе хранения и многократного воспроизведения склонны к ухудшению своих первичных показателей качества. Поэтому возникает необходимость переноса аналоговых фонограмм на цифровые носители с реставрацией и восстановлением информационной составляющей фонограмм.

В работе приведены особенности создания аналоговых фонограмм на соответствующем носителе, усовершенствована классификация артефактов аналоговых фонограмм, улучшены критерии оценки качества фонограмм после реставрации и восстановления, разработана концептуальная модель процесса реставрации и восстановления фонограмм, усовершенствован электроакустический метод реставрации фонограмм, усовершенствован акустический расчет студийного помещения для реставрации и контроля субъективных параметров качества фонограмм и проведены экспериментальные исследования параметров аналоговых фонограмм, преобразованные в цифровой вид и занесенные в компьютерную среду. Предложен критерий качества фонограмм после проведения реставрации и восстановления – отношение сигнал/артефакт $K_{C/A}$.

В работе рассматриваются возможности интрузивных и неинтрузивных методов оценивания качества фонограмм в процессе реставрации и восстановления и усовершенствован метод объективной оценки качества фонограмм, основанный на неинтрузивной модели с параметрическим моделированием сигнала фонограммы для оценки влияния.

Работа заключается в усовершенствовании процедуры восстановления аналоговых фонограмм на основании анализа состояния носителя и информации, записанной на нем, экспериментальном исследовании качественных показателей фонограмм, исследовании и совершенствовании электроакустического метода реставрации фонограмм, разработке концептуальной модели процесса реставрации фонограмм, экспериментальном исследовании методов контроля качественных показателей фонограмм с применением встроенных измерительных средств звуковых программ, контроля качества фонограмм архивных материалов для целей реставрации и восстановления звуковых фонограмм для дальнейшего их применения в различных мультимедийных приложениях, и предложении способов повышения эффективности процесса реставрации и восстановления фонограмм.

Проведенные исследования основаны на теоретическом и практическом анализе аналоговых фонограмм, возможностей их реставрации и восстановления, а также переносе на современные цифровые носители; проведении и статистической обработке результатов исследования параметров отреставрированных фонограмм, исследовании методов обработки звуковых сигналов в процессе реставрации и восстановления.

При разработке средств повышения эффективности реставрации и

восстановления фонограмм и оценки их качества с применением современных компьютерных средств применялись методы экспертных оценок на основе психоакустики и прикладной метрологии. Для проведения исследований параметров фонограмм по предложенным методикам решения практических задач использованы программные продукты Sound Forge, Adobe Audition. Увеличение $K_{C/A}$ на 7 дБ подтвердило повышение эффективности.

В целом, в диссертационной работе решена актуальная научно-прикладная задача обеспечения повышения эффективности реставрационных и восстановительных работ с аналоговыми фонограммами, размещенные на носителях типа грампластинки, магнитной пленке и фотопленке. На основе теоретического и практического исследования аналоговых фонограмм, в частности, механической записи - грампластинки, и магнитной записи на магнитной пленке, размещенной в бобине и кассете, предложена концепция повышения эффективности проведения реставрационных и восстановительных работ с аналоговыми фонограммами и транскрипции их в цифровой вид с последующим сохранением на цифровых носителях.

Ключевые слова: аналоговая, артефакт, восстановление, электроакустический, звук, критерий качества, магнитный, механический, носитель записи, реставрация, фонограмма, фотографический, цифровой.

SUMMARY

Grebin O.P. Means to increase the efficiency of the process of restoration and recovery of phonograms. - Manuscript.

The dissertation for a Candidate degree in Technical Science, Specialty 05.09.08 Applied Acoustics and Audio Engineering. - National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Ministry of Education and Science of Ukraine, Kyiv, 2021.

The dissertation is devoted to increasing the efficiency of restoration and recovery of analog phonograms recorded on magnetic, mechanical and photographic media. The analysis of phonograms, features of creation of analog phonograms on the corresponding carrier, the analysis of artifacts of analog phonograms arising from storage, repeated reproduction and specific features of carriers and the means of increase the efficiency of process of restoration and recovery of phonograms for the further storage and reproduction in various areas of application.

The classification of analogues of analog phonograms is improved, the criteria of phonogram quality assessment after restoration and recovery are defined, the instrumental method of objective phonogram quality assessment is improved, the phonogram quality criterion is introduced - artifact/signal ratio, the conceptual model of phonogram restoration and recovery method is proposed restoration of phonograms, conducted experimental studies of the parameters of analog phonograms, which are converted into digital form and entered into the computer.

Key words: analog, artifact, digital, electroacoustic, magnetic, mechanical, phonogram, photographic, quality criterion, recording medium, recovery, restoration, sound.